



Pengaruh Penyeimbangan Pergerakan Pesawat Terhadap Peningkatan Kinerja Bandara (Studi Kasus: Bandara Internasional Soekarno-Hatta)

Influence of Aircraft Movement Balancing towards Airport Performance Improvement (Case Study: Soekarno-Hatta International Airport)

M. Iqbal Rachmansyah¹⁾, Nahdalina²⁾

Universitas Gunadarma, Kampus G, Jl. Komjen Pol. M. Jasin, kelapa Dua, Cimanggis, Jawa Barat
email: iiqbal.rachmansyah@gmail.com, nahdalina@yahoo.com

INFO ARTIKEL

Histori Artikel:

Diterima: 15 Juni 2017
Direvisi: 26 Juli 2017
Disetujui: 26 Juli 2017
Dipublish: 31 Juli 2017

Keywords:

performance, FAA method, movement pattern, movement balancing, runway

Kata kunci:

kinerja, metode FAA, pola pergerakan, penyeimbangan pergerakan, runway

ABSTRACT / ABSTRAK

The demand growth of passenger and aircraft movement flows over a period of time should be followed by adequate infrastructure availability. However, the most common problem is the condition where the existing infrastructure capacity can not increase simultaneously with an increase in the number of movements. If the movement exceeds the existing capacity, there will be an imbalance condition of movement and capacity, which will have implications on the decrease of service level or performance at the airport. This study aims to analyze the effect of balancing the movement of aircraft towards the improvement of airport performance in the future. The balancing optimization of aircraft movement is carried out with the use of aircraft with greater capacity for domestic routes and increased PLF value for international routes, while air side capacity, especially runways will be analyzed using the FAA method. The results show that balancing movements, both on international and domestic routes will decrease the level of aircraft movement during the projection year. The runway performance manifested in the movement (D) to capacity (C) ratio shows a 16% reduction in saturation under conditions where movement optimization has been performed.

Pertumbuhan permintaan arus pergerakan penumpang dan pesawat tiap periode waktu harus diikuti dengan ketersediaan infrastruktur yang cukup. Namun masalah yang umumnya terjadi adalah kondisi dimana kapasitas infrastruktur tidak dapat meningkat secara simultan dengan peningkatan jumlah pergerakan tersebut. Apabila pergerakan melebihi kapasitas, maka akan terjadi kondisi ketidakseimbangan pergerakan dan kapasitas, yang akan berimplikasi pada menurunnya tingkat pelayanan atau kinerja pada Bandara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh langkah penyeimbangan pergerakan pesawat terhadap peningkatan kinerja Bandara pada masa yang akan datang. Optimasi penyeimbangan pergerakan pesawat dilakukan dengan penggunaan pesawat dengan kapasitas yang lebih besar untuk rute domestik dan peningkatan nilai PLF untuk rute internasional, sedangkan kapasitas sisi udara, khususnya runway akan dianalisis dengan menggunakan metode FAA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyeimbangan pergerakan, baik pada rute internasional dan domestik akan menurunkan tingkat pergerakan pesawat pada tahun proyeksi. Kinerja runway yang dimanifestasikan dalam rasio pergerakan (demand, D) terhadap kapasitas (capacity, C) menunjukkan adanya penurunan kejenuhan sebesar 16% pada kondisi dimana telah dilakukannya optimasi pergerakan.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penumpang angkutan udara di Indonesia telah mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Menurut INACA (2015), pertumbuhan rata-rata pengguna jasa angkutan udara pada rute internasional dan domestik masing-masing sebesar 5,07% dan 1,95%, sementara pertumbuhan pergerakan pesawat pada rute internasional dan domestik masing-masing sebesar 6,00% dan 1,20% dalam 5 tahun terakhir. Pertumbuhan permintaan (demand) arus pergerakan, baik itu penumpang maupun pesawat tiap periode waktu harus diikuti oleh ketersediaan infrastruktur yang memiliki kapasitas (capacity) yang cukup untuk memenuhi pergerakan tersebut. Namun masalah yang umumnya terjadi, adalah kondisi dimana kapasitas bandara tidak dapat meningkat secara simultan dengan peningkatan jumlah pergerakan yang bersifat linier dan berpola fluktuatif (Bai, 2006).

Pada saat jam sibuk, pergerakan cenderung meningkat sangat signifikan, sehingga apabila pada kondisi ini pergerakan melebihi kapasitas yang ada, maka akan terjadi suatu kondisi ketidakseimbangan pergerakan-kapasitas (demand-capacity imbalance). Kondisi ini akan mengakibatkan terjadinya antrian dan tundaan yang akan berimplikasi pada menurunnya tingkat pelayanan atau kinerja pada bandara (Ashford, 1991).

Menurut Hamzawi (1992), terdapat beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk menangani masalah ketidakseimbangan pergerakan-kapasitas pada suatu sistem bandara, salah satunya adalah penerapan metode penyeimbangan pergerakan pesawat pada tahun proyeksi dengan merubah beberapa karakteristik operasi penerbangan, baik itu pada rute internasional maupun domestik.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan analisis optimasi penyeimbangan pergerakan pesawat antara lain Gosling, G. D. & M. Hansen (2001); Wei, W. & M. Hansen (2005); Givoni, Moshe & Piet Rietveld (2006); McLean, D. (2006); Swan, W. M. & N. Adler (2006); Jenatabadi, H. S. & Ismail N. A. (2007); Yuliawati, Eny, et.al. (2015);

Kolker, Katrin, et. al. (2016); Peetawan, Waralee (2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari optimasi penyeimbangan pergerakan pesawat terhadap peningkatan kinerja infrastruktur *runway* yang ada pada Bandara Internasional Soekarno-Hatta (CGK), terutama pada tahun-tahun proyeksi.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik Pergerakan Penumpang-Pesawat

Karakteristik pergerakan penumpang dan pesawat dapat juga diartikan sebagai pola-pola pergerakan penumpang dan pesawat yang beroperasi pada suatu bandara dalam jangka waktu tertentu. Beberapa karakteristik pergerakan penumpang dan pesawat pada suatu bandara yang dapat ditelaah, antara lain berupa utilitas penggunaan *runway* (RIU), pergerakan internasional-domestik, pergerakan kedatangan-keberangkatan, *load factor* penumpang (PLF), dan juga rasio waktu sibuk. Hasil penelaahan karakteristik pergerakan, terutama pergerakan pesawat dapat digunakan untuk mengkonversi jumlah pergerakan penumpang menjadi jumlah pergerakan pesawat pada tahun proyeksi, sehingga pola-pola pergerakan pesawat pada tahun proyeksi tersebut akan memiliki pola pergerakan yang tidak jauh berbeda dengan pola pergerakan yang ada secara historis. Beberapa karakteristik pergerakan pesawat yang akan digunakan dalam penelitian, dapat dijelaskan sebagai berikut.

Load Factor Penumpang (PLF)

Menurut Peetawan (2016), PLF adalah rasio antara jumlah penumpang dengan kapasitas kursi yang tersedia di pesawat pada rute penerbangan tertentu, baik internasional maupun domestik. PLF merupakan ukuran efisiensi maskapai untuk menentukan nilai keuntungan dan margin antara pendapatan dengan pengeluaran (*revenue-cost*).

Perhitungan nilai PLF pada pesawat untuk suatu rute penerbangan tertentu dapat dirumuskan dalam Persamaan (1) berikut.

$$PLF = \sum_{i=1}^r \left(\frac{N_p \times Dist.}{S_c \times Dist.} \right) \times 100\% \quad (1)$$

N_p adalah jumlah penumpang pesawat pada suatu rute penerbangan, S_c adalah kapasitas kursi yang tersedia pada suatu pesawat pada suatu rute penerbangan, dan $Dist.$ adalah jarak bandara asal-tujuan (km).

Rasio Waktu Sibuk

Rasio waktu sibuk dibagi menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu bulan sibuk, hari sibuk dan jam sibuk, yang dapat dibagi menurut rute penerbangannya (internasional-domestik). Berdasarkan model perhitungan yang dikembangkan oleh Angkasa Pura II (2016), rasio atau persentase waktu sibuk dapat dirumuskan dalam Persamaan (2) berikut.

$$Rasio_{Waktu\ Sibuk} = \frac{\Sigma Perg_{Observasi}}{\Sigma Perg_{Total}} \quad (2)$$

Proyeksi Pergerakan Penumpang

Menurut Noviani (2011), peramalan atau proyeksi adalah suatu usaha yang dilakukan untuk dapat menduga atau memprakirakan keadaan yang akan terjadi pada masa mendatang, berdasarkan pola pergerakan yang terjadi secara historis. Menurut Ashford (1991), beberapa metodologi yang dapat digunakan untuk proyeksi pergerakan penumpang dan pesawat, yaitu berupa model ekstrapolasi trend (linier, eksponensial atau polinomial), model rasio (market share, shift share atau grow rate), dan model ekonometrik (regresi sederhana atau berganda).

Menurut Titaley (2015), metode ekstrapolasi trend sebagai metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah proyeksi yang didasarkan pada pola pergerakan historis suatu aktivitas, dengan asumsi bahwa suatu faktor yang mempengaruhi variasi pergerakan pada masa lalu akan terus berlanjut pada masa yang akan datang dengan hubungan yang sama. Metode ini akan mengandalkan kualitas data historis (time series) dan kestabilan pertumbuhan pergerakan tiap waktunya.

Kapasitas Infrastruktur Runway

Menurut FAA (1983), kapasitas ultimit infrastruktur *runway* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- Kondisi *ceiling* dan *visibility*, sehingga akan menentukan jenis operasinya, apakah berada pada kondisi VFR, IFR atau PVC;
- Konfigurasi fisik sistem *runway eksisting*, berupa konfigurasi dan dimensi *runway* yang akan menentukan nilai kapasitas dasar infrastruktur (base capacity) berdasarkan *runway use configuration* atau *runway use diagram* yang tersedia;
- Campuran pesawat (aircraft mix), yang akan menentukan persentase indeks campuran (mix index, MI), yang dapat dirumuskan pada Persamaan (3), dengan C adalah persentase pesawat kelas C dalam campuran pesawat dan D adalah persentase pesawat kelas D dalam campuran pesawat. Penetapan klasifikasi jenis pesawat C dan D mengacu kepada table 1.

$$MI = [C + 3D] \quad (3)$$

- Persentase *arrival* dan persentase operasi *touch-and-go*, yang dapat dirumuskan pada Persamaan (4), dengan *Arr.* adalah jumlah *arrival* per jam, *Dep.* adalah jumlah *departure* per jam dan *T+G* adalah jumlah operasi *touch-and-go* per jam.

$$\%Arr. = \frac{Arr. + 0,5(T + G)}{Arr. + Dep. + (T + G)} \times 100\% \quad (4)$$

- Jumlah *exit taxiway* dan letak atau jarak *threshold-exit taxiway* yang akan menentukan nilai *exit factor* (E).

Diketahui bahwa nilai *mix index* pesawat tiap jam umumnya berbeda, karena selalu ada fluktuasi operasi pesawat tiap waktunya. Sehingga nilai kapasitas *runway* perlu dihitung per jam untuk mendapatkan model kapasitas dinamis per jam-nya, sedangkan model kapasitas statis dapat dihitung dengan mengambil rata-rata dalam 1 hari analisis.

Kapasitas ultimit per jam *runway* menurut metode FAA dapat dirumuskan dalam Persamaan (5), dengan C_b adalah kapasitas dasar berdasarkan fungsi konfigurasi *runway eksisting*, MI dan $\%Arr$, E adalah faktor penye-

suaian jalan keluar berdasarkan konfigurasi *exit-taxiway*, dan T adalah faktor penyesuaian operasi *touch-and-go* pada *runway*.

$$C = C_b ET \quad (5)$$

Nilai C_b didapatkan dari interpolasi nilai *mix index* dan persentase kedatangan pada diagram *runway hourly capacity* yang ada pada dokumen FAA (1983).

Menurut ICAO (2009), nilai kapasitas ultimit yang didapat harus dikalikan dengan faktor utilitas *runway* sebesar 80%-90%. Hal ini digunakan untuk menjaga *slot* apabila seandainya ada penerbangan tambahan pada musim liburan (*seasonal extra flight*), penerbangan tambahan tidak terencana (*rush extra flight*), ataupun penerbangan *charter* (berjadwal/tidak berjadwal).

Penyeimbangan Pergerakan Pesawat

Menurut Hamzawi (1992), penyeimbangan pergerakan dengan menggunakan prinsip pengaturan karakteristik operasi pesawat pada dasarnya dilakukan untuk menurunkan jumlah pergerakan pesawat pada rentang waktu proyeksi. Penyeimbangan pergerakan dibagi berdasarkan rute penerbangannya, baik itu internasional maupun domestik. Hal ini didasari karena kedua rute tersebut memiliki karakteristik pergerakan yang berbeda apabila dianalisis secara historis.

Penyeimbangan Pergerakan Internasional

Penyeimbangan pergerakan pada rute internasional dilakukan dengan cara mengoptimalkan atau menaikkan nilai PLF rata-rata pada operasi pesawat rute internasional. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh McLean (2006), Jenatabadi (2007), dan Peetawan (2016), menunjukkan bahwa nilai PLF yang dipengaruhi oleh insiden pesawat, aliansi maskapai, keuntungan per kilometer penumpang dan jumlah ketersediaan kursi pada pesawat, akan sangat mempengaruhi jumlah pergerakan pesawat secara keseluruhan.

Menurut Kolker (2016), PLF memiliki nilai yang berbeda antara rute internasional dan domestik, dimana umumnya PLF pada rute internasional lebih kecil dan terfluktuatif tiap tahunnya dengan rata-rata global sebesar

79,7% pada Tahun 2016, berbeda dengan PLF pada rute domestik yang cenderung lebih tinggi dan stabil dikisaran angka 88,2%-92,5%. Model perhitungan nilai PLF telah dijelaskan pada Persamaan (1) sebelumnya.

Penyeimbangan Pergerakan Domestik

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Gosling (2001) dan Givoni (2006), untuk mengimbangi permintaan pergerakan penumpang yang terus meningkat tiap tahun, maka maskapai harus menerapkan suatu *competitive tools* untuk menjaga persentase pangsa pasar (*market share*), yang dapat dilakukan dengan cara meningkatkan frekuensi penerbangan dan/atau penggunaan pesawat dengan kapasitas yang lebih besar.

Namun pada kondisi dimana terdapat batasan kapasitas penggunaan *runway* (*capacity constraint*), maka peningkatan frekuensi penerbangan tidak dapat dilakukan dan metode yang paling rasional adalah dengan penggunaan pesawat dengan kapasitas yang lebih besar.

Menurut Swan (2006), penggunaan pesawat dengan kapasitas hanya akan cocok pada rute pendek, karena pada rute jauh pesawat memang diharuskan menggunakan pesawat besar atas dasar kebutuhan teknologi dan performansi operasinya, sehingga penggunaan pesawat dengan kapasitas besar untuk rute domestik dapat menjadi salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi jumlah pergerakan pesawat tanpa harus mengurangi jumlah penumpang yang diangkut.

Menurut Wei (2003), beberapa batasan yang harus diperhatikan dalam upaya penerapan penggunaan pesawat dengan kapasitas lebih besar pada rute domestik, antara lain:

- a. Karakteristik rute penerbangan, meliputi permintaan (*demand*) dan jarak (*distance*). Berdasarkan Persamaan (1) diatas, dalam menghitung insentif dari suatu operasi, maka yang diutamakan adalah permintaan terlebih dahulu. Hal ini didasarkan karena pendapatan utama maskapai adalah dari hasil pergerakan penumpang per km (*revenue passanger per km*, RPK). Apabila

permintaan tinggi, dengan jarak panjang ataupun pendek, maka akan dapat diprioritaskan untuk diganti dengan menggunakan pesawat kapasitas lebih besar;

- b. Karakteristik bandara asal-tujuan, meliputi kapasitas parkir *apron-gate* dan kapasitas *runway* pada bandara asal yang pasti akan berkurang apabila digunakan pesawat besar lebih banyak. Dan juga kapabilitas *runway* bandara tujuan, apakah mampu melayani kebutuhan panjang dimensi *runway* dari pesawat besar yang beroperasi.

Menurut Groton dalam Noviani (2012), pergerakan pesawat merupakan fungsi dari jumlah penumpang, kapasitas rata-rata dan nilai PLF pada setiap operasi. Sehingga akan dapat diterapkan berdasarkan prinsip penggunaan pesawat berkapasitas besar. Model perhitungan pergerakan pesawat dapat dirumuskan pada Persamaan (6) berikut, dengan A_m adalah pergerakan pesawat (*aircraft movement*), N_p adalah jumlah penumpang suatu pesawat pada suatu rute (*number of passenger*), S_c adalah kapasitas kursi yang tersedia pada suatu pesawat pada suatu rute (*seat capacity*), dan PLF adalah *load factor* penumpang.

$$A_m = \frac{N_p}{S_c \times PLF} \quad (6)$$

Beberapa keuntungan peningkatan kapasitas pesawat yang lebih besar pada penerbangan rute domestik menurut Givoni (2006), antara lain:

- a. Mengurangi frekuensi penerbangan di bandara apabila terdapat batasan kapasitas penggunaan *runway*;
- b. Apabila *slot* dibatasi, maka maskapai tetap dapat mengangkut penumpang dengan jumlah banyak, sehingga akan mengefisiensi biaya operasi;
- c. Akan mengurangi antrian dan tundaan pada bandara yang mengalami kondisi ketidakseimbangan pergerakan kapasitas.

Evaluasi Pergerakan-Kapasitas

Evaluasi pergerakan kapasitas dilakukan untuk mengetahui kinerja dari infrastruktur *runway* dalam mengakomodir jumlah

pergerakan pesawat pada kondisi eksisting, proyeksi, dan pasca optimasi penyeimbangan pergerakan. Kinerja infrastruktur *runway* ditinjau dalam rasio pergerakan/kapasitas (D/C ratio), yang dimanifestasikan dalam bentuk grafik fluktuatif pergerakan-kapasitas.

METODOLOGI

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian antara lain sebagai berikut:

1. Jumlah pergerakan penumpang dan pesawat rute internasional-domestik historis per tahun.
2. Jumlah pergerakan pesawat per tipe jenis pesawat, yang dibagi menjadi 2 (dua), yaitu
 - a. secara historis per tahun; dan
 - b. secara eksisting per jam, dengan *range* data selama 1 hari (00.00-23.59).
3. Jumlah pergerakan pesawat rute internasional-domestik, yang dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu
 - a. pergerakan pesawat per bulan (dengan *range* data per bulan dalam beberapa tahun);
 - b. pergerakan pesawat per hari (dengan *range* data per hari dalam beberapa bulan); dan
 - c. pergerakan pesawat per jam (dengan *range* data per jam dalam beberapa hari).
4. Pergerakan pesawat per rute penerbangan domestik, yang dibagi kedalam 34 rute penerbangan, dengan *range* data selama 1 hari dari 00.00-23.59
5. *Layout* infrastruktur eksisting Bandara CGK dan 37 Bandara Domestik lainnya, berupa karakteristik fisik *runway* dan *exit taxiway* untuk Bandara CGK, serta karakteristik fisik *runway* untuk 34 Bandara Domestik lainnya.

Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data-data seperti yang telah dirinci di bagian kebutuhan data, dilakukan dengan mendatangi instansi terkait, seperti data No. 1, 2a dan 3a diperoleh dari Angkasa Pura II (2016). Data No. 2b, 3b, 3c dan 4 diperoleh dari AirNav Indonesia (2017), sedangkan data No. 5 diperoleh dari publikasi *Aeronautical Information Publication* (AIP) yang diterbitkan

Kementrian Perhubungan Republik Indonesia (2015).

Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data-data seperti yang telah dirinci di bagian kebutuhan data, dilakukan dengan mendatangi instansi terkait, seperti data No. 1, 2a dan 3a diperoleh dari Angkasa Pura II (2016). Data No. 2b, 3b, 3c dan 4 diperoleh dari AirNav Indonesia (2017), sedangkan data No. 5 diperoleh dari publikasi *Aeronautical Information Publication* (AIP) yang diterbitkan Kementrian Perhubungan Republik Indonesia (2015).

Pengolahan Data

Proses pengolahan data akan dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif, menggunakan beberapa rumus atau formulasi yang telah dijelaskan sebelumnya. Hasil dari pengolahan data tersebut akan dijadikan sebagai data dalam pembahasan analisis karakteristik pergerakan pesawat, proyeksi pergerakan pesawat, kapasitas infrastruktur *runway*, penyeimbangan pergerakan pesawat dan juga evaluasi terhadap pergerakan kapasitas.

Analisis Data

Beberapa alat yang digunakan dalam analisis data dalam penelitian, antara lain:

- Karakteristik pergerakan pesawat, akan menggunakan model perhitungan yang ada pada Pers. (1) dan Pers. (2), dengan menggunakan data No. 1, 2a, 3a, 3b dan 3c;
- Proyeksi pergerakan pesawat akan menggunakan model ekstrapolasi *trend*, dengan nilai $adj. R^2$ yang paling fit, dengan menggunakan data No. 1;
- Kapasitas infrastruktur *runway*, menggunakan model kapasitas ultimit FAA, pada Pers. (3) hingga Pers. (5), dengan menggunakan data No. 2b dan 5;
- Penyeimbangan pergerakan, menggunakan model perhitungan yang ada pada Pers. (1) dan Pers. (6), dengan menggunakan data No. 4 dan 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

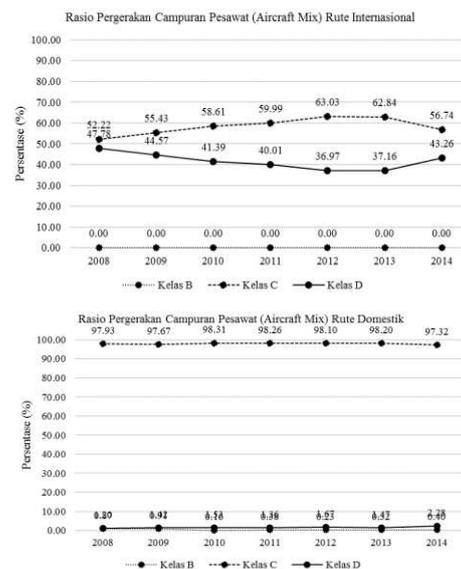
Karakteristik Pergerakan Penumpang-Pesawat

Karakteristik pergerakan penumpang dan pesawat yang akan dibahas dalam kajian ini berupa nilai PLF rata-rata dan rasio waktu sibuk.

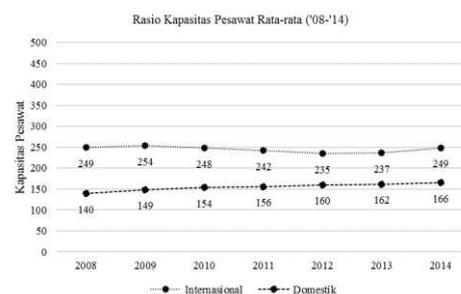
Load Factor Penumpang (PLF)

Analisis PLF dihitung per tahun untuk rute internasional dan domestik, yang secara umum akan dibagi kedalam 3 (tiga) tahap perhitungan, yaitu perhitungan persentase *aircraft mix*, kapasitas penumpang rata-rata dan diakhiri dengan perhitungan nilai PLF, dengan menggunakan data No. 1 dan 2a (lihat Kebutuhan Data pada BAB Metodologi)

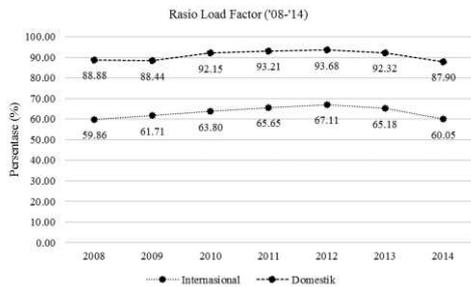
Hasil perhitungan *aircraft mix* pada rute internasional maupun domestik ditunjukkan oleh gambar 1, hasil perhitungan kapasitas pesawat ditunjukkan oleh gambar 2, sedangkan hasil perhitungan PLF ditunjukkan oleh gambar 3.



Gambar 1. Persentase *aircraft mix*



Gambar 2. Kapasitas rata-rata pesawat



Gambar 3. Nilai PLF

Klasifikasi kelas pesawat menurut berat dan *approach speed* berdasarkan standar FAA (1983), ditunjukkan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 1. Klasifikasi kelas pesawat

Turbulence Group	Aircraft Class	MTOW (lb)	Approach Speed (knots)
Small	A	< 41.000	< 91
	B	< 41.000	91-120
Large	C	41.000 – 255.000	121-140
Heavy	D	> 255.000	> 141

Berdasarkan gambar 1, dapat dipahami bahwa pergerakan rute internasional cukup seimbang antara pesawat kelas C dan D, sedangkan pada rute domestik didominasi oleh pesawat kelas C. Hal ini secara alami terjadi karena kebutuhan pesawat tipe besar pada rute internasional (long-haul) atas alasan kebutuhan teknologi dan performansi pesawat. Sehingga pesawat kelas D akan lebih banyak beroperasi pada rute internasional, dibandingkan pada rute domestik.

Penggunaan pesawat tipe besar juga akan mempengaruhi kapasitas rata-rata, seperti yang ditunjukkan gambar 2, dimana pergerakan pesawat rute internasional cenderung memiliki sifat kapasitas pesawat *wide-body* (kapasitas pada *range* > 230), sementara rute domestik memiliki sifat kapasitas *narrow-body* (kapasitas pada *range* 140-170).

gambar 3 menunjukkan bahwa nilai PLF, untuk rute internasional cenderung selalu lebih kecil dibandingkan rute domestik. Hal ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik rute penerbangan internasional, berupa jarak

(*distance*) dan permintaan (*demand*), serta penggunaan pesawat dengan kapasitas besar.

Karena permintaan pergerakan rute internasional tidak terlalu besar, tetapi membutuhkan pesawat dengan kapasitas besar atas dasar teknologi dan performansi pesawat, sehingga menyebabkan nilai PLF rute internasional menjadi tidak terlalu tinggi dibandingkan nilai PLF rute domestik.

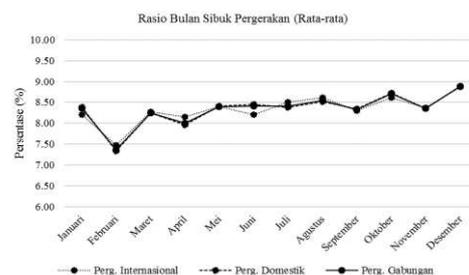
Rata-rata nilai persentase *aircraft mix*, kapasitas pesawat dan PLF rute internasional dan domestik ditunjukkan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil perhitungan % *aircraft mix*, kapasitas pesawat, dan PLF rata-rata.

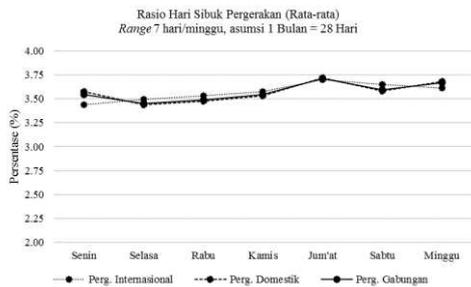
Kelas	% Aircraft Mix		Kapasitas Pesawat		%PLF	
	Int	Dom	Int	Dom	Int	Dom
B	0,00	0,47	0	20		
C	58,41	97,97	165	154	63,34	90,94
D	41,59	1,56	356	289		
Bobot	-	-	245	155	-	-

Seperti dijelaskan sebelumnya, analisis rasio waktu sibuk dibagi menjadi 3 bagian, yaitu bulan sibuk, hari sibuk dan jam sibuk. Rasio bulan sibuk dihitung dengan menggunakan data No. 3a, yang dihitung per bulan dalam beberapa tahun. Rasio hari sibuk dihitung dengan menggunakan data No.3b, yang dihitung per hari dalam beberapa bulan. Sedangkan rasio jam sibuk dihitung dengan menggunakan data No. 3c, yang dihitung per jam dalam beberapa hari. Hasil perhitungan tersebut akan dicari nilai rata-ratanya sehingga dapat diaplikasikan untuk penyebaran waktu sibuk pada tahun proyeksi.

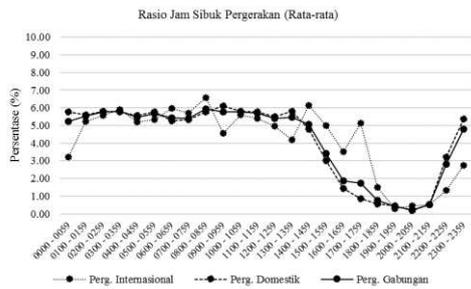
Rasio waktu sibuk dihitung dengan menggunakan Persamaan (3), dimana hasilnya berupa nilai rata-rata (dalam %), ditunjukkan pada gambar 4, gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 4. Rasio bulan sibuk rata-rata



Gambar 5. Rasio hari sibuk rata-rata



Gambar 6. Rasio jam sibuk rata-rata

Berdasarkan gambar 4, dapat dijelaskan bahwa rasio bulan sibuk rata-rata, baik itu untuk pergerakan internasional, domestik maupun gabungan berada di Bulan Desember, dengan persentase masing-masing sebesar 8,88%, 8,89% dan 8,89% terhadap jumlah pergerakan selama 1 tahun atau 12 bulan.

Gambar 5 menjelaskan bahwa rasio hari sibuk rata-rata, baik itu untuk pergerakan internasional, domestik maupun gabungan berada di hari Jum'at, dengan persentase masing-masing sebesar 3,70%, 3,72% dan 3,71% terhadap jumlah pergerakan selama 1 minggu atau 7 hari.

Sedangkan gambar 6 menjelaskan bahwa rasio jam sibuk rata-rata, untuk pergerakan internasional berada pada pukul 08.00-08.59 WIB dengan rasio sebesar 6,58%, pergerakan domestik berada pada pukul 09.00-09.59 WIB dengan rasio sebesar 6,09% dan pergerakan gabungan berada pada pukul 08.00-08.59 WIB dengan rasio sebesar 5,94%, terhadap jumlah pergerakan selama 1 hari atau 24 jam.

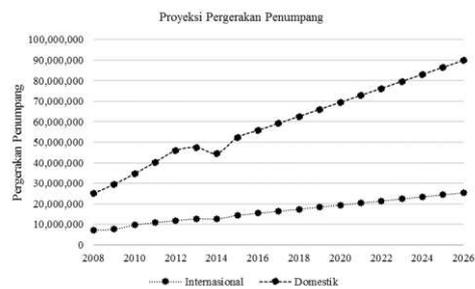
Proyeksi Pergerakan Penumpang Pesawat

Sebelum melakukan proyeksi pergerakan pesawat, dilakukan terlebih dahulu proyeksi pergerakan penumpang berdasarkan data *time series* selama 7 tahun kebelakang (data No. 1; Tahun 2008-2014). Dari beberapa

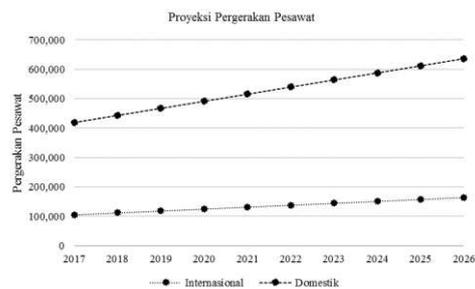
model *curve* yang ada, model linier $Y=a+bT$ merupakan model yang paling *fit* diantara model lainnya.

Hasil proyeksi pergerakan penumpang akan dikonversi menjadi jumlah pergerakan pesawat dengan menggunakan Persamaan (6). Karakteristik kapasitas pesawat dan nilai PLF rata-rata untuk rute internasional dan domestik diintegrasikan kedalam Persamaan (6) untuk mendapatkan jumlah pergerakan pesawat pada tahun proyeksi.

Hasil proyeksi pergerakan penumpang dan hasil konversi pergerakan pesawat pada tahun proyeksi menurut hasil proyeksi pergerakan penumpang dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 7. Hasil proyeksi penumpang



Gambar 8. Hasil konversi pergerakan penumpang ke pergerakan pesawat

Hasil konversi pergerakan pesawat pada gambar 8 akan disebarkan pada setiap waktu sibuk, berdasarkan karakteristik rasio bulan sibuk rata-rata, rasio hari sibuk rata-rata dan rasio jam sibuk rata-rata yang telah dijelaskan pada bahasan sebelumnya.

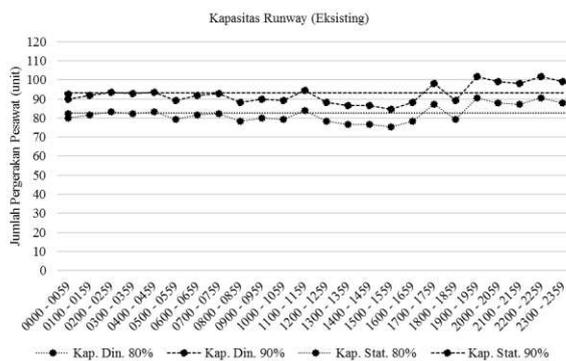
Hasil dari penyebaran waktu sibuk yang akan digunakan dalam pengukuran kinerja adalah jumlah pergerakan pesawat setiap jamnya selama 1 hari (24 jam) pada tahun proyeksi, dimana 1 hari observasi tersebut berada pada bulan dan hari paling sibuk

(bulan Desember, hari Jum'at) berdasarkan rasio/persentase waktu sibuk historis.

Kapasitas Infrastruktur Runway

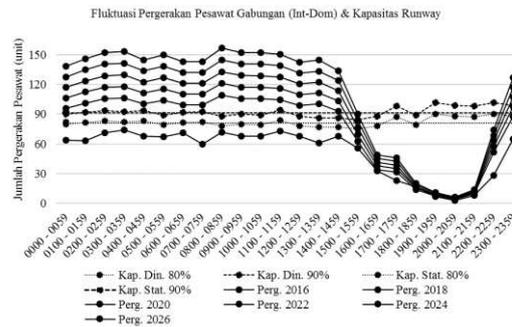
Kapasitas ultimit infrastruktur runway berdasarkan metode FAA akan dihitung dengan menggunakan data No. 2b dan No. 5. Data No. 2b digunakan sebagai dasar perhitungan *mix index* (MI) dan persentase kedatangan (PA), sedangkan data No. 5 digunakan untuk menentukan nilai E, *runway use diagram* dan *runway hourly capacity diagram*. Pada penelitian ini hanya kondisi operasi IFR saja yang dijadikan dasar analisis.

Perhitungan kapasitas runway menggunakan Persamaan (3)-Persamaan (5). Hasil dari perhitungan kapasitas runway dengan metode FAA pada kondisi operasi IFR, dengan karakteristik pergerakan dan konfigurasi infrastruktur yang ada pada kondisi eksisting, dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Kapasitas per Jam runway (IFR) eksisting

Hasil perhitungan kapasitas infrastruktur runway pada kondisi eksisting tersebut dapat dimodelkan dalam grafik fluktuasi pergerakan kapasitas, baik terhadap pergerakan eksisting tahun 2016, maupun pergerakan proyeksi hingga tahun 2026 yang telah disebarkan pergerakannya pada waktu-waktu sibuk. Grafik fluktuasi pergerakan eksisting dan proyeksi dengan kapasitas infrastruktur runway eksisting ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Fluktuasi pergerakan pesawat dan kapasitas infrastruktur runway eksisting

Berdasarkan gambar 10, dapat dijelaskan bahwa pada kondisi eksisting (2016), jumlah pergerakan pesawat masih lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas runway, baik itu kapasitas dengan utilitas 80% maupun 90%.

Kapasitas runway mulai jenuh pada tahun 2018 dan seterusnya hingga tahun 2026. Hal ini dapat dilihat dari jumlah pergerakan yang telah melebihi batas kapasitas ultimit runway, baik itu kapasitas dinamis maupun statis yang dimiliki runway, dengan tingkat utilitas 80% ataupun 90%.

Pada infrastruktur runway, kapasitas dinamis cenderung lebih rasional untuk digunakan dalam mengevaluasi kinerja suatu sistem runway secara keseluruhan. Hal ini didasari karena nilai dinamis lebih merepresentasikan nilai kapasitas aktual berdasarkan persentase aircraft mix pesawat yang menggunakan infrastruktur tersebut, dimana penggunaan kelas pesawat setiap jamnya akan selalu terfluktuatif sehingga kapasitas juga akan terfluktuatif, meskipun dengan margin yang tidak terlalu jauh.

Namun, penggunaan kapasitas statis juga perlu untuk digunakan pada kondisi tertentu, dimana tidak ada jaminan bahwa nilai mix index setiap jamnya memiliki nilai yang sama, sehingga nilai kapasitas statis juga dapat digunakan sebagai nilai kapasitas rata-rata yang merupakan representasi kapasitas dalam 1 hari (24 jam).

Penyeimbangan pergerakan pesawat diawali dengan penyebaran pergerakan penumpang proyeksi yang ada pada gambar 7 kedalam setiap waktu sibuk, berdasarkan karakteristik rasio bulan sibuk rata-rata, rasio hari sibuk rata-rata dan rasio jam sibuk rata-

rata pada gambar 4, gambar 5 dan gambar 6. Hasil dari penyebaran penumpang proyeksi pada tiap waktu sibuk akan dijadikan dasar perhitungan untuk menyeimbangkan jumlah pergerakan pesawat, baik untuk rute internasional maupun rute domestik.

Penyeimbangan Pergerakan Internasional

Penyeimbangan pergerakan pesawat pada rute internasional dilakukan dengan mengkonversi jumlah pergerakan penumpang per jam pada rute penerbangan internasional yang telah disebarkan sesuai dengan rasio waktu sibuk sebelumnya, menjadi jumlah pergerakan pesawat berdasarkan Persamaan (6), namun dengan variabel nilai PLF rata-rata yang berbeda, dari yang awalnya sebesar 63,34% (rata-rata, lihat tabel 2), menjadi

79,7% berdasarkan standar rata-rata global nilai PLF rute internasional. Sedangkan nilai kapasitas rata-rata terbobot untuk penerbangan internasional diasumsikan sama dengan karakteristik pergerakan historis, yaitu sebesar 245 penumpang/pesawat (lihat tabel 2).

Penyeimbangan Pergerakan Domestik

Penyeimbangan pergerakan pesawat pada rute domestik diawali dengan perhitungan rasio pergerakan dalam suatu rute penerbangan domestik tiap jamnya dengan menggunakan data No. 4. Hasil perhitungan rasio pergerakan rute domestik tiap jamnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rasio pergerakan rute domestik (pesawat)

Kode	Kota	Pergerakan Domestik											
		0000-0059	0100-0159	0200-0259	0300-0359	0400-0459	0500-0559	0600-0659	0700-0759	0800-0859	0900-0959	1000-1059	1100-1159
WAAA	Makassar	9.09	4.17	7.14	3.28	10.71	7.84	3.70	4.26	5.36	5.17	7.27	5.17
WADD	Bali	3.64	8.33	3.57	4.92	8.93	9.80	5.56	4.26	8.93	5.17	14.55	6.90
WADL	Lombok	3.64	0.00	1.79	4.92	1.79	0.00	0.00	4.26	3.57	1.72	1.82	1.72
WAEI	Terate	0.00	0.00	1.79	1.64	0.00	0.00	1.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WAFI	Palu	0.00	2.08	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	0.00
WAGI	Palangkaraya	0.00	2.08	0.00	1.64	1.79	0.00	0.00	0.00	3.57	0.00	0.00	1.72
WAGJ	Pangkalan Bun	0.00	0.00	1.79	3.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	0.00	0.00
WAGS	Sampit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	0.00
WAHI	Yogyakarta	0.00	8.33	5.36	3.28	5.36	3.92	11.11	6.38	5.36	5.17	5.45	6.90
WAHQ	Solo	1.82	4.17	3.57	1.64	1.79	7.84	0.00	2.13	1.79	1.72	3.64	5.17
WAHS	Semarang	3.64	8.33	1.79	4.92	3.57	3.92	1.85	8.51	5.36	5.17	5.45	3.45
WAJJ	Jayapura	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00
WALL	Balikpapan	5.45	4.17	5.36	6.56	5.36	1.96	3.70	6.38	5.36	3.45	1.82	3.45
WAMI	Manado	0.00	2.08	1.79	1.64	0.00	5.88	3.70	2.13	0.00	0.00	1.82	3.45
WAOI	Banjarmasin	7.27	2.08	1.79	1.64	1.79	3.92	5.56	0.00	1.79	3.45	3.64	0.00
WAPI	Ambon	0.00	2.08	3.57	0.00	0.00	0.00	1.85	0.00	0.00	1.72	0.00	0.00
WAQI	Tarakan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WARI	Malang	3.64	2.08	0.00	3.28	3.57	1.96	0.00	2.13	3.57	0.00	1.82	0.00
WARR	Surabaya	7.27	8.33	8.93	9.84	10.71	0.00	9.26	8.51	7.14	10.34	9.09	10.34
WASS	Sorong	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00
WATO	Labuan Bajo	0.00	0.00	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	0.00	0.00
WATI	Kupang	1.82	0.00	3.57	0.00	0.00	1.96	0.00	0.00	0.00	1.72	0.00	1.72
WIBI	Pekanbaru	3.64	2.08	7.14	3.28	1.79	5.88	3.70	8.51	1.79	6.90	5.45	3.45
WIDI	Batam	1.82	2.08	3.57	6.56	1.79	1.96	3.70	2.13	1.79	5.17	3.64	3.45
WIDN	Kep. Riau	1.82	0.00	0.00	1.64	1.79	0.00	1.85	2.13	0.00	0.00	0.00	1.72
WIEI	Padang	7.27	4.17	1.79	4.92	5.36	3.92	1.85	6.38	3.57	5.17	1.82	5.17
WIGI	Bengkulu	5.45	2.08	0.00	0.00	3.57	3.92	1.85	0.00	3.57	3.45	0.00	0.00
WIJI	Muara Bungo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	0.00
WIJJ	Jambi	5.45	2.08	5.36	1.64	5.36	1.96	3.70	6.38	0.00	3.45	1.82	1.72
WIKI	Pangkal Pinang	3.64	2.08	3.57	4.92	0.00	5.88	5.56	2.13	8.93	0.00	5.45	5.17
WIKT	Tj Pandan	3.64	2.08	1.79	1.64	0.00	1.96	1.85	2.13	1.79	3.45	5.45	1.72
WILI	Lampung	5.45	4.17	5.36	1.64	3.57	1.96	1.85	2.13	1.79	3.45	5.45	6.90
WIMI	Medan	9.09	6.25	7.14	6.56	10.71	9.80	12.96	4.26	12.50	10.34	5.45	6.90
WIOI	Ketapang	0.00	0.00	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WIOJ	Pontianak	3.64	6.25	5.36	6.56	1.79	3.92	5.56	8.51	1.79	5.17	3.64	3.45
WIPI	Palembang	1.82	8.33	5.36	3.28	7.14	5.88	3.70	2.13	8.93	5.17	1.82	6.90
WITI	Aceh	0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	1.96	1.85	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45

Kode	Kota	Pergerakan Domestik											
		1200 - 1259	1300 - 1359	1400 - 1459	1500 - 1559	1600 - 1659	1700 - 1759	1800 - 1859	1900 - 1959	2000 - 2059	2100 - 2159	2200 - 2259	2300 - 2359
WAAA	Makassar	3.77	9.62	8.93	7.32	12.50	28.57	16.67	0.00	0.00	25.00	12.50	3.39
WADD	Bali	9.43	3.85	12.50	19.51	25.00	0.00	33.33	16.67	33.33	25.00	4.17	3.39
WADL	Lombok	1.89	1.92	3.57	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	3.39
WAEE	Ternate	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	16.67	33.33	0.00	0.00	0.00
WAFF	Palu	1.89	0.00	1.79	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00	0.00	4.17	0.00
WAGG	Palangkaraya	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69
WAGI	Pangkalan Bun	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WAGS	Sampit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WAHH	Yogyakarta	5.66	7.69	8.93	4.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	5.08
WAHQ	Solo	1.89	5.77	5.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	0.00
WAHS	Semarang	7.55	7.69	5.36	2.44	4.17	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	4.17	5.08
WAJJ	Jayapura	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	14.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WALL	Balikpapan	3.77	1.92	0.00	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	5.08
WAMM	Manado	1.89	1.92	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00	0.00	8.33	1.69
WAOO	Banjarmasin	3.77	1.92	5.36	0.00	4.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.08
WAPP	Ambon	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	16.67	0.00	0.00	0.00	0.00
WAQQ	Tarakan	0.00	3.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	1.69
WARA	Malang	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69
WARR	Surabaya	11.32	9.62	14.29	17.07	16.67	14.29	8.33	0.00	0.00	50.00	12.50	13.56
WASS	Sorong	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.29	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WATO	Labuan Bajo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WATT	Kupang	1.89	0.00	0.00	2.44	0.00	0.00	0.00	16.67	33.33	0.00	4.17	1.69
WIBB	Pekanbaru	1.89	1.92	7.14	2.44	4.17	14.29	8.33	0.00	0.00	0.00	4.17	5.08
WIDD	Batam	1.89	1.92	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.08
WIDN	Kep. Riau	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WIEE	Padang	3.77	9.62	1.79	2.44	4.17	14.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69
WIGG	Bengkulu	5.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WIJB	Muara Bungo	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WIJJ	Jambi	3.77	3.85	0.00	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	3.39
WIKK	Pangkal Pinang	1.89	1.92	1.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69
WIKT	Tj Pandan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.08
WILL	Lampung	7.55	3.85	1.79	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.39
WIMM	Medan	3.77	5.77	7.14	17.07	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	10.17
WIOK	Ketapang	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69
WIOO	Pontianak	5.66	5.77	3.57	4.88	4.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	1.69
WIPP	Palembang	7.55	5.77	3.57	7.32	4.17	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	4.17	8.47
WITT	Aceh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nilai rasio pergerakan pada tabel 3 akan dikalikan dengan jumlah pergerakan penumpang proyeksi yang telah disebarakan menurut waktu sibuknya, khususnya untuk pergerakan per jam, sehingga akan didapatkan jumlah pergerakan penumpang per jam per rute penerbangan domestik pada tahun proyeksi.

Setelah didapatkan jumlah pergerakan penumpang per jam pada tiap rute penerbangan domestik, maka akan dikonversi menjadi jumlah pergerakan pesawat berdasarkan Persamaan (6), namun dengan variabel kapasitas pesawat rata-rata yang

berbeda pada setiap rute penerbangan yang ada, dimana nilai kapasitas pesawat akan diganti menjadi lebih besarpada setiap rute penerbangan domestik yang ada sesuai dengan batasan maksimum *runway* bandara domestik tujuan dalam mengkomodir karakteristik performansi pesawat yang lebih besar. Nilai PLF rata-rata untuk penerbangan domestik diasumsikan sama dengan pola pergerakan historis yaitu sebesar 90,94%.

Perubahan nilai kapasitas pesawat pada penerbangan domestik dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perubahan nilai kapasitas pesawat rata-rata penerbangan domestik

Kode	Kota	Maks. Eksisting			Maks. Pasca Optimasi		
		Tipe	Kap.	Kat.	Tipe	Kap.	Kat.
WAAA	Makassar*	B744	416	D	B744	416	D
WADD	Bali*	B77W	339	D	B77W	339	D
WADL	Lombok	B739	177	C	B763ER	261	D
WAEE	Ternate	B738	160	C	B738	160	C
WAFF	Palu	B738	160	C	B762	216	D
WAGG	Palangkaraya	B739	177	C	B753	243	C
WAGI	Pangkalan Bun	B734	146	C	B734	146	C
WAGS	Sampit	E195	120	C	E195	120	C
WAHH	Yogyakarta*	B739	177	C	B762	216	D
WAHQ	Solo*	B739	177	C	B763ER	261	D
WAHS	Semarang*	B739	177	C	B763ER	261	D
WAJJ	Jayapura	B739	177	C	B753	243	C
WALL	Balikpapan*	B739	177	C	A332	246	D
WAMM	Manado	B739	177	C	B763ER	261	D
WAOO	Banjarmasin*	B739	177	C	B753	243	C
WAPP	Ambon	B739	177	C	B753	243	C
WAQQ	Tarakan	B738	160	C	B762	216	D
WARA	Malang	B738	160	C	B762	216	D
WARR	Surabaya*	A332	246	D	A332	246	D

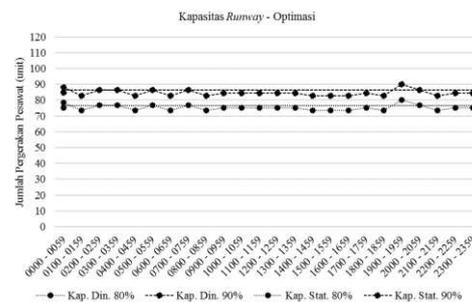
Kode	Kota	Maks. Eksisting			Maks. Pasca Optimasi		
		Tipe	Kap.	Kat.	Tipe	Kap.	Kat.
WASS	Sorong	B735	108	C	B762	216	D
WATO	Labuan Bajo	CRJX	120	C	CRJX	120	C
WATT	Kupang	B738	160	C	B753	243	C
WIBB	Pekanbaru*	B739	177	C	B762	216	D
WIDD	Batam*	B739	177	C	B764ER	296	D
WIDN	Kep. Riau	B738	160	C	B762	216	D
WIEE	Padang*	B739	177	C	B763ER	261	D
WIGG	Bengkulu	B739	177	C	B762	216	D
WIJB	Muara Bungo	B735	108	C	B735	108	C
WIJJ	Jambi*	B739	177	C	B762	216	D
WIKK	Pangkal Pinang*	B738	160	C	B762	216	D
WIKT	Tj Pandan	B738	160	C	B762	216	D
WILL	Lampung*	B738	160	C	B753	243	D
WIMM	Medan*	B77W	339	D	B77W	339	D
WIOK	Ketapang	BA462	120	C	BA462	120	C
WIOO	Pontianak*	B739	177	C	B762	216	D
WIPP	Palembang*	B739	177	C	B763ER	261	D
WITT	Aceh	B738	160	C	B763ER	261	D

Sumber: Hasil analisis data; Airbus, Boeing, Heinemann

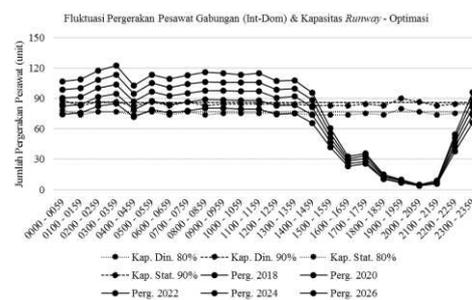
Berdasarkan tabel 4 tersebut, rute penerbangan Makassar, Bali, Yogyakarta, Semarang, Surabaya, Medan dan Palembang akan menggunakan kapasitas pesawat pada kolom *Maks. Pasca-Optimasi*, sedangkan pada rute lainnya menggunakan kapasitas pesawat pada kolom *Maks. Eksisting*. Hal ini didasarkan oleh jumlah *demand* pada 7 rute pertama yang disebutkan memiliki persentase pergerakan paling tinggi dibandingkan dengan rute lainnya secara rata-rata.

Kapasitas Runway Pasca Optimasi Pergerakan

Perubahan persentase *aircraft mix* pada pergerakan domestik secara langsung akan mempengaruhi nilai kapasitas infrastruktur. Meskipun *layout*-nya sama dengan kondisi eksisting, namun nilai *aircraft mix* pasca optimasi akan mempengaruhi nilai kapasitas tersebut. Pergerakan pesawat yang berkurang setelah dilakukan optimasi, harus di evaluasi kembali terhadap kapasitas infrastruktur pasca optimasi, sehingga dapat dike-tahui apakah langkah optimasi pergerakan efektif untuk menyeimbangkan hubungan pergerakan dan kapasitas. Hasil perhitungan ulang kapasitas *runway* pasca optimasi per-gerakan ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Kapasitas per Jam Runway (IFR) pasca optimasi pergerakan

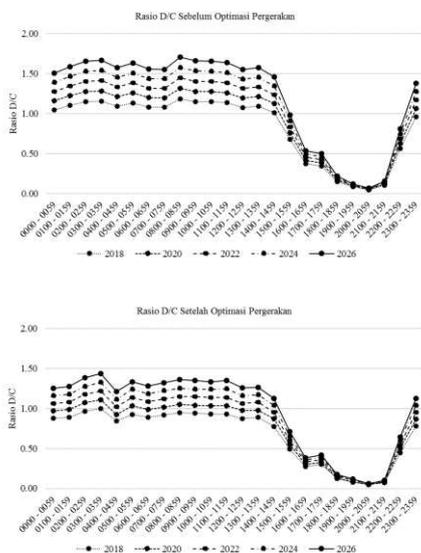


Gambar 12. Fluktuasi pergerakan pesawat dan kapasitas infrastruktur *runway* pasca optimasi pergerakan

Hasil perhitungan pergerakan pesawat pada rute internasional dan domestik, serta kapasitas *runway* pasca dilakukannya optimasi pergerakan, dapat diplotkan kedalam grafik fluktuatif pergerakan dan kapasitas *runway*, yang ditunjukkan pada gambar 12.

Berdasarkan gambar 12 tersebut, dapat dijelaskan bahwa terdapat penurunan pergerakan pesawat dalam tahun proyeksi pasca dilakukan optimasi. Namun, peningkatan jumlah penggunaan pesawat kelas D yang

lebih banyak akan memperbesar nilai *mix index* yang akan mengurangi kapasitas ulimit *runway*. Meskipun demikian, optimasi pergerakan yang dilakukan tetap akan mengecilkkan rasio D/C sehingga kapasitas *runway* yang awalnya jenuh pada Tahun 2018, menjadi jenuh pada tahun 2020. Selain itu, meskipun *runway* akan jenuh pada Tahun 2020 dan seterusnya hingga tahun 2026, tingkat kejenuhannya masih lebih kecil dibandingkan dengan kejenuhan *runway* apabila belum dilakukan optimasi pergerakan, seperti ditunjukkan oleh gambar 13. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dipahami bahwa terjadi penurunan rasio D/C antara sebelum dilaku-kan optimasi dengan sesudah, misalnya, seperti pada tahun 2026, nilai D/C paling tinggi sebesar 1,71, namun setelah dilakukan optimasi, nilai D/C turun menjadi 1,44 dalam kurun waktu 24 jam, atau turun sekitar 16%.



Gambar 13. Rasio D/C infrastruktur *runway* sebelum optimasi dan pasca optimasi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan juga pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa optimasi pergerakan pesawat pada tahun proyeksi, yang dilakukan dengan penyeimbangan pergerakan, baik itu pada rute internasional maupun domestik akan menurunkan jumlah pergerakan pesawat yang ada. Pengurangan jumlah pergerakan,

tentu juga akan berpengaruh terhadap kinerja *runway*, dimana kinerja *runway* akan semakin meningkat apabila dilakukan penyeimbangan pergerakan. Meskipun terdapat penurunan nilai kapasitas *runway* pasca optimasi, karena terdapat peningkatan penggunaan pesawat kelas D, namun hal tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap kinerja *runway*.

Hal tersebut dapat dilihat dari grafik rasio D/C antara yang belum dilakukan optimasi pergerakan dan yang telah dilakukan pergerakan, dimana nilai rasio D/C menjadi lebih kecil ketika telah dilakukan optimasi, dengan persentase penurunan kejenuhan sebesar 16%. Oleh karena itu, dapat dipahami bahwa langkah optimasi berupa penyeimbangan pergerakan pesawat dengan meningkatkan persentase PLF (internasional) dan kapasitas pesawat yang lebih besar (domestik) akan berpengaruh terhadap kinerja *runway* secara keseluruhan. Peningkatan kinerja *runway* dapat dilakukan tanpa perlu adanya pengembangan infrastruktur *runway*.

SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan sebelumnya, ajuan saran dari Penulis untuk penelitian lebih lanjut, yaitu dapat dilakukannya langkah penyeimbangan pergerakan berupa penyebaran waktu sibuk (*spreas peaks*) dalam bentuk pembagian atau pengaturan slot, atau yang biasa disebut dengan *slot allocation*.

Slot allocation diimplementasikan dengan mengatur dan membatasi jumlah pergerakan pesawat yang beroperasi pada Bandara sesuai dengan batasan kapasitas yang ada. Sehingga diharapkan kinerja Bandara, terkhusus untuk infrastruktur *runway* dapat ditingkatkan tanpa harus adanya pengembangan infratruktur *runway* (penambahan *runway* baru).

DAFTAR PUSTAKA

- Baxter, C. (1997). Race equality in health care and education. Philadelphia: Balliere Tindall.
- Airbus (2014). Airbus Airplane Characteristics for Airport Planning. France: Airbus S.A.S.

- AirNav Indonesia (2017). Data Catatan Penerbangan Lalu Lintas Udara Bandara Internasional Soekarno-Hatta Tahun 2016. Jakarta: PT. AirNav Indonesia.
- Angkasa Pura II (2016). Buku Statistik Angkutan Udara 2008-2014. Jakarta: PT. Angkasa Pura II (Persero).
- Ashford, Norman J. et al. (1991). Airport Engineering: Planning, Design and Development of 21st Century Airports, 2nd Edition. USA: Wiley Inc.
- Bai, Yuqiong (2006). Analysis of Aircraft Arrival Delay and Airport On-Time Performance. Thesis report in Department of Civil and Environmental Engineering, University of Central Florida, USA.
- Boeing (2014). Boeing Airplane Characteristics for Airport Planning. USA: Boeing Commercial Airplanes.
- FAA (1983). Advisory Circular 150/5060-5 Airport Capacity and Delay, USA.
- Givoni, Moshe & Piet Rietveld (2006). Choice of Aircraft Size - Explanation and Implications. Research report on Tienbergen Institute, NL, pp. 1-16.
- Gosling, G. D. & M. Hansen (2001). Prospects for Increasing Average Aircraft Size at Congested Airports. Journal of the Transportation Research Board, pp. 1-8.
- Hamzawi, Salah G. (1992). Lack of Airport Capacity: Exploration of Alternatives Solutions. Transport research -A, Vol 26A, No. 1, pp 47-58.
- Heinemann, Butterworth (2001). Civil Jet Aircraft Design, yang diakses dari situs <http://booksite.elsevier.com/9780340741528/> pada tanggal 27 Maret 2017.
- ICAO (2009). Annex 14 Volume 1: Aerodrome Design and Operations, USA.
- Indonesia National Air Carrier Association INACA (2015). Annual Report of 2015. Jakarta: INACA.
- Jenatabadi, H. S. & Ismail N. A. (2007). The Determination of Load Factors in the Airline Industry. International Review of Business Research Paper, No. 3, pp. 125-133.
- Kementrian Perhubungan RI (2015). Aeronautical Information Publication (AIP), yang diakses dari situs <http://aimindonesia.dephub.go.id/> pada tanggal 27 April 2017.
- Kolker, Katrin, et. al. (2016). From Passenger Growth to Aircraft Movements. Journal of Air Transport Management, No. 56, pp. 99-106.
- McLean, D. (2006). The Operational Efficiency of Passenger Aircraft. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, No. 78, pp. 32-38.
- Noviani, Sarah (2011). Perencanaan Penambahan Runway di Bandara Untuk 10 Tahun Kedepan dengan Metode Support Vector Regression. Laporan Skripsi Program Studi Teknik Industri Universitas Indonesia.
- Peetawan, Waralee (2016). Determination of Passenger Load Factor: The Case of Thai Airlines. Research report on International Academy of Industrial Aviation, pp. 1-19.
- Swan, W. M. & N. Adler (2006). Aircraft Trip Cost Parameters: A Function of Stage Length and Seat Capacity. Transportation Research Part E, No. 42, pp. 105-115.
- Titaley, Henriette D. (2015). The Use of Regression Model to Predict Flow Traffic. JdC, Vol. 4, No. 2, pp. 204-209.
- Wei, W. & M. Hansen (2005). Impact of Aircraft Size and Seat Availability on Airlines. Transportation Research Part E, No. 41, pp. 315-327.
- Yuliawati, Eny, et. al. (2015). System Dynamics Model for Airport Characterization in Hub-and-Spoke Networks. International Journal of Technology (IJTech) No. 5, pp. 733-742.